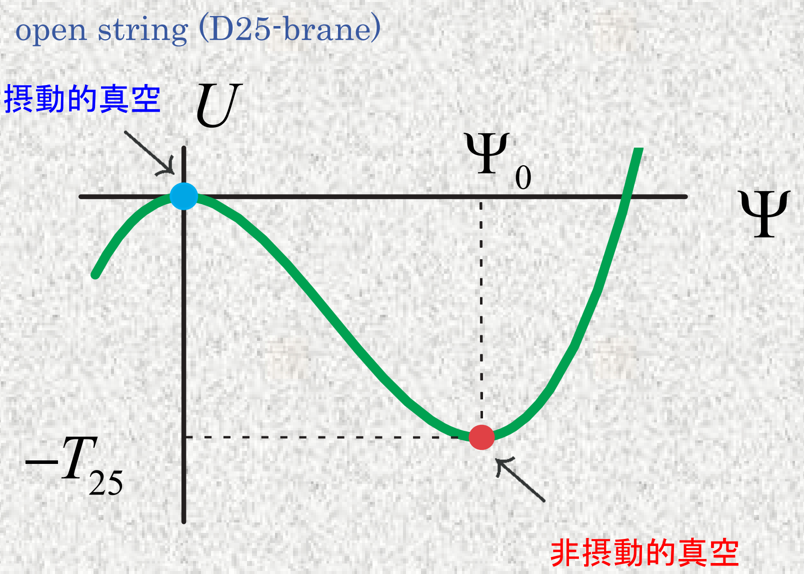
Open String Field Theory around Universal Solutions

岸本　功（東大理），高橋智彦（奈良女大理）

PTP108(2002)591 [hep-th/0205275]

Introduction

Senの予想:



Cubic String Field Theory (CSFT)
を使えば原理的には厳密に扱える。

$$S = -\frac{1}{g^2}\left[\frac{1}{2}\langle\Psi, Q_B\Psi\rangle + \frac{1}{3}\langle\Psi, \Psi * \Psi\rangle\right]$$

Senの予想をCSFTの言葉で言いかえると:

- 運動方程式の解　Ψ_0　があって：

$$Q_B\Psi_0+\Psi_0*\Psi_0=0.$$

- potentialの値がD25-braneのtensionに等しい:

$$-S|_{\Psi_0}/V_{26}=T_{25}.$$

- そのまわりでの新しいBRST電荷　Q'_B　の cohomologyが自明:

$$Q'_B\psi=0\Rightarrow\psi=Q'_B\phi,\quad\exists\phi.$$

$$\|$$

$$Q_B\psi+\Psi_0*\psi-(-1)^{|\psi|}\psi*\Psi_0$$

これを厳密に示そう！

Universal Solutions in CSFT

- 高橋-谷本の解 *JHEP 0203 (2002) 033*

$$\left|\Psi_0\right\rangle = Q_L\left(e^h - 1\right)\left|I\right\rangle - C_L\left((\partial h)^2 e^h\right)\left|I\right\rangle,$$

$$h(w) = \sum h_n\left(w^n + (-w^{-1})^n\right), \quad h(\pm i) = 0, \partial h\left(\pm i\right) = 0.$$

matter Virasoroとghostで書けている。
oscillator表示が存在する(程度に滑らか)。

実は*素朴には*pure gauge*解*: $\Psi_0 = e^{q_L(h)I} * Q_B e^{-q_L(h)I}$

この解のまわりでのBRST電荷:

$$Q'_B = Q(e^h) - C((\partial h)^2 e^h)$$

これは*形式的には*　$Q'_B = e^{q(h)} Q_B e^{-q(h)}$

もとの Q_B と同じコホモロジー

～　このまわりでの物理は摂動的な真空と同じ。

～　pure gauge (?)

しかし $e^{\pm q(h)}$ が特異になる $h(w)$ の場合

pure gauge ではない非自明な解

である可能性がある（？）

具体例 $h_a^l(w) = \log\left(1 - \frac{a}{2}(-1)^l \left(w^l - (-1)^l w^{-l}\right)^2\right)$ のとき

$a = -1/2$ のとき $\exp(\pm q(h_a^l))$ をnormal orderに直せない。

$$Q'_B = Q(e^{h^l_{a=-1/2}}) - C((\partial h^l_{a=-1/2})^2 e^{h^l_{a=-1/2}})$$

$$\neq e^{q(h^l_{a=-1/2})} Q_B e^{-q(h^l_{a=-1/2})}$$

$$\left|\Psi_0^{(l)}\right\rangle = Q_L\left(e^{h^l_{a=-1/2}} - 1\right)\left|I\right\rangle - C_L\left((\partial h^l_{a=-1/2})^2 e^{h^l_{a=-1/2}}\right)\left|I\right\rangle$$

$l = 1, 2, \cdots$

は非自明な解!?

Cohomology of the New BRST Charge

$\Psi_0^{(l)}$ のまわりの新しいBRST電荷:

$$Q_B^{(l)} = Q(e^{h^l_{a=-1/2}}) - C((\partial h^l_{a=-1/2})^2 e^{h^l_{a=-1/2}})$$
$$= \frac{1}{2}Q_B + \frac{(-1)^l}{4}\left(Q_{2l} + Q_{-2l}\right) + 2l^2\left(c_0 - \frac{(-1)^l}{2}\left(c_{2l} + c_{-2l}\right)\right)$$

このcohomologyはもとの Q_B と違って消えているか？

Claim

$Q_B^{(l)}$ のcohomologyはghost数1の状態の中では自明

証明の方針:

- $Q_B^{(l)}\psi = 0$ をレベル毎にバラす。

•一番低いレベルの式 $\left(\frac{(-1)^l}{4}Q_{2l} - (-1)^l l^2 c_{2l}\right)\psi_{-h} = 0$

を解く。 ← Q_B に関する結果を使う。

•残りは帰納法で同様に示す。

✡ $Q_{2l}-4l^2c_{2l}$ は $Q_0=Q_B$ の中の c_n, b_n を c_{n+2l}, b_{n-2l} で置き換えたものと等しい。

$Q_B\psi=0$ の解は [Kato-Ogawa,M.Henneaux,…]

$$\left|\psi\right\rangle = A_{\mathrm{DDF}}\left|0,p_0\right\rangle + B_{\mathrm{DDF}}c_0\left|0,p_0\right\rangle + Q_B\left|\phi\right\rangle$$

ここで $\left|0,p_0\right\rangle = e^{ip_0x}\left|\Omega\right\rangle,\quad p_0{}^{\pm}=\pm\frac{1}{\sqrt{2\alpha'}},\quad p_0{}^{i}=0,$

$$\left|\Omega\right\rangle := c_1\left|0\right\rangle,\qquad c_n\left|\Omega\right\rangle=0, n\geq 1,\qquad b_n\left|\Omega\right\rangle=0, n\geq 0,$$

$A_{\mathrm{DDF}}, B_{\mathrm{DDF}}$ は DDF operator A_n^i で生成されるもの:

$$\left[A_m^i, A_n^j\right]=m\delta_{m+n,0}\delta^{i,j},\qquad \left[L_m^X, A_n^i\right]=0.$$

$$\left(Q_{2l}-4l^2c_{2l}\right)\psi_{-h}=0,\quad \psi_{-h}:\text{ghost数 }1$$

$$\Rightarrow\quad \psi_{-h}=\left(Q_{2l}-4l^2c_{2l}\right)\phi_{-h-2l},\quad \exists\phi_{-h-2l}$$

より

$$Q_B^{(l)}\psi=0,\quad \psi=\sum_{N\geq h}\psi_{-N}:\text{ghost数 }1$$

$$\Rightarrow\quad \psi=Q_B^{(l)}\phi,\quad \exists\phi$$

がいえる。

※ $Q_B^{(l)}\left|\psi^{(l)}\right\rangle=0$

の非自明な解はghost数 $-2l+1,-2l+2$ の部分:

$$\left|\psi^{(l)}\right\rangle=\exp\left(-2\sum_{n\geq 1}\frac{(-1)^{n(1+l)}}{n}q_{-2ln}\right)$$

$$\cdot\left(A_{\mathrm{DDF}}b_{-2l}b_{-2l+1}\cdots b_{-2}b_{-1}\left|0,p_0\right\rangle+B_{\mathrm{DDF}}b_{-2l+1}\cdots b_{-2}b_{-1}\left|0,p_0\right\rangle\right)$$

Summary

- 高橋-谷本の解のうち　$\Psi_0^{(l)}$　を調べた。
- このまわりのBRST電荷 $Q_B^{(l)}$ のcohomologyはghost数1の状態の中では自明。

$$\Downarrow$$

弦の場の理論の古典論で

☆　$\Psi_0^{(l)}$　は非自明な解。

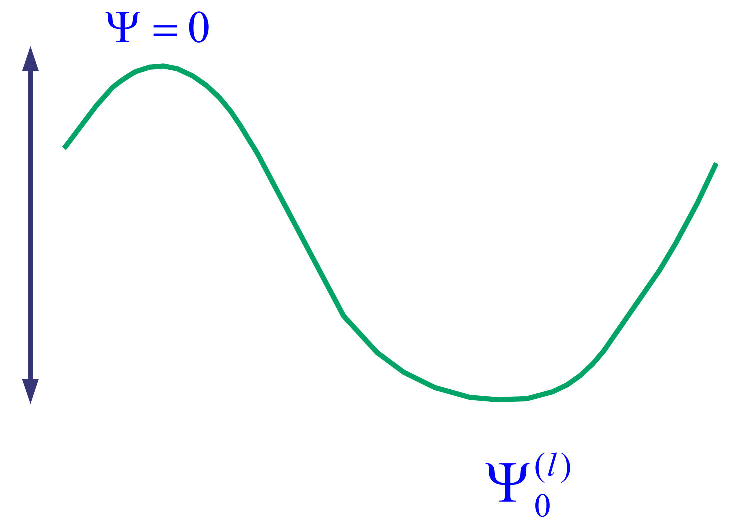
☆　$\Psi_0^{(l)}$　まわりでのonshellな状態　$Q_B^{(l)}|\psi\rangle = 0$

は全てゲージ自由度:　$|\psi\rangle = Q_B^{(l)}|\phi\rangle$

Discussion

- Potential heightの評価

$\Psi_0^{(l)}$ がタキオン凝縮の解なら
D25-brane tensionを再現するはず。



素朴に解をactionに代入すると…

$$\langle I | (\cdots) | I \rangle \sim \left(\det_{n,m\geq 1} \left(\delta_{n,m} - \delta_{n,m} \right) \right)^{-26/2+1} = \infty.$$

計算にはなんらかの正則化が必要！

CSFT で知られている解:

CSFT　　　　　　　　VSFT

Q_B　　$Q_B^{(l)}$　　Q_{GRSZ}

pure gauge　　$\Psi_0^{(l)}$　　singular　　Ψ_0^{VSFT}

タキオン凝縮を表す厳密解はどれか？

レベルトランケーション
による数値解(Siegelゲージ)

ゲージ変換、場の再定義でつながってるはず

- 弦の場の理論の第2量子化をすると…

$$\left|\Psi\right\rangle = \underbrace{\phi(x)c_1\left|0\right\rangle + A_\mu(x)\alpha_{-1}^{\mu}c_1\left|0\right\rangle + \cdots}_{\text{古典論}} \underbrace{B(x)c_{-1}c_1\left|0\right\rangle + C(x)\left|0\right\rangle + \cdots}_{\text{ghost数一般}}$$

$\Psi_0^{(l)}$ まわりのBRST電荷の非自明なcohomologyはFP ghost部分 ⇒ 解釈は？

- identity string field を使わない厳密解は？
- Closed string はどう記述されるのか？
- Superstring Field Theory への応用は？